

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4963816号  
(P4963816)

(45) 発行日 平成24年6月27日(2012.6.27)

(24) 登録日 平成24年4月6日(2012.4.6)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/00	1 8 6
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205	
HO 1 S 5/323 (2006.01)	HO 1 S 5/323	6 1 0

請求項の数 13 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-261061 (P2005-261061)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成17年9月8日(2005.9.8)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2006-324622 (P2006-324622A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
(43) 公開日	平成18年11月30日(2006.11.30)	(74) 代理人	110001195
審査請求日	平成19年8月22日(2007.8.22)		特許業務法人深見特許事務所
審判番号	不服2011-8780 (P2011-8780/J1)	(72) 発明者	筆田 麻祐子
審判請求日	平成23年4月25日(2011.4.25)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
(31) 優先権主張番号	特願2005-123910 (P2005-123910)		シャープ株式会社内
(32) 優先日	平成17年4月21日(2005.4.21)	(72) 発明者	中津 弘志
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物系半導体素子の製造方法および発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に  $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 < x, 0 < y, x + y < 1$ ) バッファ層を第一の基板温度において成長させ、

第二の基板温度において前記バッファ層上に SiN 層を成長させ、

第三の基板温度において前記 SiN 層上に第一導電型窒化物系半導体層を成長させ、

第四の基板温度において前記第一導電型窒化物系半導体層上に発光層を成長させる工程を含み、

前記第一の基板温度は前記第二および第三の基板温度の少なくともいずれか一方以上の温度であり、

前記第四の基板温度は前記第二および第三の基板温度より低い温度であり、

前記バッファ層を成長させる工程における V 族元素の分圧は 500 Pa 以下であることを特徴とする窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項2】

前記第一の基板温度は前記第二および第三の基板温度の双方以上の温度であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項3】

前記バッファ層を成長させる基板温度以下の基板温度において前記第一導電型窒化物系半導体層上に前記発光層を成長させ、前記発光層上に第二導電型窒化物系半導体層を成長させる工程をさらに含むことを特徴とする請求項1または2に記載の窒化物系半導体素子

の製造方法。

【請求項 4】

前記バッファ層を成長させる基板温度は 900 以上であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 5】

前記バッファ層の全部または一部は、95 kPa 以下の圧力下で成長させられることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 6】

前記第一導電型窒化物系半導体層の全部または一部は、95 kPa 以下の圧力下で成長させられることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

10

【請求項 7】

前記発光層の全部または一部は、95 kPa 以下の圧力下で成長させられることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 8】

前記第二導電型窒化物系半導体層の全部または一部は、95 kPa 以下の圧力下で成長させられることを特徴とする請求項 3 に記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 9】

前記バッファ層を成長させる工程において、反応ガスが基板上を流れる流速は 10 cm / 秒以上であることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

20

【請求項 10】

前記バッファ層は 10 nm 以上の厚さに成長させられることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 11】

前記 SiN 層の厚さは 3 原子層以下に設定されることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれかに記載の窒化物系半導体素子の製造方法。

【請求項 12】

請求項 3 の製造方法によって形成された前記基板上の前記  $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 < x, 0 < y, x + y < 1$ ) バッファ層、前記 SiN 層、前記第一導電型窒化物系半導体層、前記発光層、および前記第二導電型窒化物系半導体層を含むことを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

30

【請求項 13】

前記第一導電型窒化物系半導体層中に 1 層以上の SiN 層を含むことを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、窒化物系化合物半導体 ( $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ :  $0 < x, 0 < y, x + y < 1$ ) 層を含む半導体素子とその製造方法の改善に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 の特許第 2751963 号公報は、青色発光ダイオードや青色レーザダイオードなどに利用し得る窒化物系半導体素子の形成方法を開示している。特許文献 1 の開示によれば、サファイア基板上において、510 の基板温度にて GaN バッファ層が約 20 nm の厚さに成長させられる。その GaN バッファ層上には、1030 の基板温度にて、GaN 層が 2 μm の厚さに成長させられる。さらに、その GaN 層上に、800 の基板温度にて、InGaN 発光層が成長させられる。

【特許文献 1】特許第 2751963 号公報

【発明の開示】

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

特許文献1に開示されているようにGaNバッファ層を510のような低温で成長させれば、アモルファス状のGaNバッファ層が成長する。そのアモルファス状のGaNバッファ層上に1030の高温でGaN層を成長させれば、アモルファス状のGaNバッファ層との界面から転位が発生し、高温成長するGaN層内を貫通して伸びる。そして、それらの貫通転位を含むGaN層上に800の高温でInGaN発光層を成長させれば、それらの貫通転位が発光層内にまで伸びる。その結果、それらの貫通転位を含む発光層を利用した窒化物系半導体発光素子において、発光効率が貫通転位によって低下することになる。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

本発明の一つの態様によれば、窒化物系半導体素子の製造方法は、基板上に $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 < x, 0 < y, x + y < 1$ ) バッファ層を第一の基板温度において成長させ、第二の基板温度においてバッファ層上にSiN層を成長させ、第三の基板温度においてSiN層上に第一導電型窒化物系半導体層を成長させ、第三の基板温度から降温させた第四の基板温度において第一導電型窒化物系半導体層上に発光層を成長させる工程を含み、第一の基板温度は第二および第三の基板温度の少なくともいずれか一方以上の温度であり、第四の基板温度は第二および第三の基板温度より低い温度であり、

前記バッファ層を成長させる工程におけるV族元素の分圧は500Pa以下であること

20

## 【0005】

なお、第一の基板温度は第二および第三の基板温度の双方以上の温度であってもよい。また、バッファ層を成長させる基板温度以下の基板温度において第一導電型窒化物系半導体層上に発光層を成長させ、発光層上に第二導電型窒化物系半導体層を成長させる工程をさらに含むことができる。

## 【0006】

上述のバッファ層を成長させる基板温度は、900以上であることが好ましい。バッファ層の全部または一部は、95kPa以下の圧力下で成長させられることが好ましい。第一導電型窒化物系半導体層の全部または一部は、95kPa以下の圧力下で成長させられることが好ましい。発光層の全部または一部は、95kPa以下の圧力下で成長させられることが好ましい。第二導電型窒化物系半導体層の全部または一部は、95kPa以下の圧力下で成長させられることがこのましい。バッファ層を成長させる工程において、反応ガスが基板上を流れる流速は、10cm/秒以上であることが好ましい。バッファ層は、100nm以上の厚さに成長させられることが好ましい。SiN層の厚さは、3原子層以下に設定されることが好ましい。

30

## 【0007】

このような製造方法によって形成された基板上的 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 < x, 0 < y, x + y < 1$ ) バッファ層、SiN層、第一導電型窒化物系半導体層、発光層、および第二導電型窒化物系半導体層を含むことによって、発光効率の改善された窒化物系半導体発光素子を得ることができる。なお、この窒化物系半導体発光素子において、第一導電型窒化物系半導体層中に、1層以上のSiN層を含めてもよい。

40

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明においては、上述のようにSiN層または第一導電型窒化物系半導体層の成長時の基板温度以上の基板温度にてバッファ層を基板上に成長させることによって、そのバッファ層の結晶品質が向上し得る。また、バッファ層成長時の基板温度以下の基板温度でバッファ層上にSiN層を成長させることによって、転位の発生を低減させることができる。さらに、バッファ層成長時の基板温度以下の基板温度でSiN層上に第一導電型窒化物系半導体層を成長させることによって、貫通転位の発生が抑制された高品質の窒化物系半

50

導体素子が得られる。この窒化物系半導体素子上に発光層および第二導電型半導体層を成長させることにより、発光効率が改善された発光ダイオードやレーザダイオードが作製され得る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

(参考例1)

図1の模式的線図は、本発明に密接に関連する参考例1における窒化物系化合物半導体層の成長温度プロファイルを示している。すなわち、図1の線図において、縦方向は温度を表し、横方向は半導体層の成長時間を表している。また、図2の模式的断面図は、本参考例1において作製された窒化物系化合物半導体素子を示している。さらに、図3の模式的グラフは、本参考例1で作製した窒化物系化合物半導体素子における貫通転位密度と従来の方法で作製した窒化物系化合物半導体素子の貫通転位密度を比較して示している。

10

【0010】

まず図1と図2を参照して、サファイア基板1を1000℃に保持しながら、TMG(トリメチルガリウム)とNH<sub>3</sub>を供給することによって、GaNバッファ層2を約10nmの厚さに成長させる。次に、基板温度を1000℃に保持したままで、SiH<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>を供給することによって、SiN層3を約20nmの厚さに成長させる。さらに、基板温度を1000℃に保持したままで、TMG、NH<sub>3</sub>、およびSiH<sub>4</sub>を供給することによって、n型GaN層4を4μmの厚さに成長させる。その後、得られたウエハを室温まで冷却する。

20

【0011】

このようにして成長させた窒化物系化合物半導体素子についてカソードルミネッセンス法によって転位密度を調べたところ、図3に示されているように1平方cmあたりに1×10<sup>8</sup>の転位密度であった。他方、特許文献1の従来技術によって作製した窒化物系化合物半導体素子における転位密度は、図3に示されているように1×10<sup>9</sup>である。すなわち、本参考例1における窒化物系化合物半導体素子では、従来に比べて転位密度を1桁低減させることができる。

【0012】

(実施例1)

図4の模式的線図は、本発明の実施例1における窒化物系化合物半導体層の成長温度プロファイルを示している。すなわち、図4の線図においも、縦方向は温度を表し、横方向は半導体層の成長時間を表している。また、図5の模式的断面図は、本実施例1において作製された窒化物系化合物半導体発光素子を示している。図5における複数の層11-14は、図2中の複数の層1-4に対応している。すなわち、図5における基板11上に順次積層された複数の半導体層12-14は、図2中の基板1上に順次積層された複数の半導体層2-4と同様にして形成される。

30

【0013】

1000℃の基板温度でn型GaN層14を成長させた後には、基板温度を800℃まで降温し、InGaNウェル層とGaNバリア層を含む量子井戸発光層15を成長させる。その後、基板温度を980℃まで昇温し、p型層16を成長させる。

40

【0014】

このようにして形成された本実施例1の窒化物系化合物半導体発光素子の光出力を測定したところ、20mAの注入電流において8mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにて本実施例1と異なる発光素子では、20mAの注入電流において6mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本実施例1の窒化物系化合物半導体発光素子は、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

【0015】

(実施例2)

図6の模式的線図は、本発明の実施例2における窒化物系化合物半導体層の成長温度プ

50

ロファイルを示している。すなわち、図6の線図においも、縦方向は温度を表し、横方向は半導体層の成長時間を表している。なお、本実施例2により作製される発光素子の断面構造は、図5に示されたものと同様である。

【0016】

図5と図6を参照して、まずサファイア基板11を1020に保持してTMGとNH<sub>3</sub>を供給することによって、GaNバッファ層12を約10nmの厚さに成長させる。次に、基板温度を1000まで降温し、SiN層13を約20nmの厚さに成長させる。引き続き、基板温度を1000に保持したままで、n型GaN層14を4μmの厚さに成長させる。次に、基板温度を800まで降温し、InGaNウェル層とGaNバリア層を含む量子井戸発光層15を成長させる。その後、基板温度を980まで昇温し、p型層16を成長させる。

10

【0017】

このようにして形成した本実施例2の窒化物系化合物半導体発光素子の光出力を測定したところ、実施例1の場合と同様に20mAの注入電流において8mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにて本実施例2と異なる発光素子においても、20mAの注入電流において6mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本実施例2の窒化物系化合物半導体発光素子も、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

【0018】

(実施例3)

図7の模式的線図は、本発明の実施例3における窒化物系化合物半導体層の成長温度プロファイルを示している。すなわち、図7の線図においも、縦方向は温度を表し、横方向は半導体層の成長時間を表している。なお、本実施例3により作製される発光素子の断面構造も、図5に示されたものと同様である。

20

【0019】

図5と図7を参照して、まずサファイア基板11を1020に保持して、GaNバッファ層12を約10nmの厚さに成長させる。次に、基板温度を990まで降温し、SiN層13を約20nmの厚さに成長させる。また、基板温度を1020まで昇温し、n型GaN層14を4μmの厚さに成長させる。さらに、基板温度を800まで降温し、InGaNウェル層とGaNバリア層を含む量子井戸発光層15を成長させる。その後、基板温度を980まで昇温し、p型層16を成長させる。

30

【0020】

このようにして形成した本実施例3の窒化物系化合物半導体発光素子の光出力を測定したところ、20mAの注入電流において8.5mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにて本実施例3と異なる発光素子においては、20mAの注入電流において6.5mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本実施例3の窒化物系化合物半導体発光素子も、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

【0021】

(実施例4)

図8の模式的線図は、本発明の実施例4における窒化物系化合物半導体層の成長温度プロファイルを示している。すなわち、図8の線図においも、縦方向は温度を表し、横方向は半導体層の成長時間を表している。なお、本実施例4により作製される発光素子の断面構造も、図5に示されたものと同様である。

40

【0022】

図5と図8を参照して、まずサファイア基板11を1000に保持して、GaNバッファ層12を約10nmの厚さに成長させる。次に、基板温度を1020まで昇温し、SiN層13を約20nmの厚さに成長させる。また、基板温度を1000まで降温し、n型GaN層14を4μmの厚さに成長させる。さらに、基板温度を800まで降温し、InGaNウェル層とGaNバリア層を含む量子井戸発光層15を成長させる。その

50

後、基板温度を980 まで昇温し、p型層16を成長させる。このようにして形成した本実施例4の窒化物系化合物半導体素子の光出力を測定したところ、20 mAの注入電流において8.5 mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにて本実施例4と異なる発光素子においては、20 mAの注入電流において6.5 mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本実施例4の窒化物系化合物半導体発光素子も、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

【0023】

(参考例2)

図9の模式的線図は、本発明に密接に関連する参考例2における窒化物系化合物半導体層の成長温度プロファイルを示している。すなわち、図9の線図においても、縦方向は温度を表し、横方向は半導体層の成長時間を表している。また、図10の模式的断面図は、本参考例2において作製された窒化物系化合物半導体素子を示している。

10

【0024】

まず、MOCVD炉内は13.3 kPaの圧力に制御される。次に、その13.3 kPaの圧力でサファイア基板21を室温から1000 に昇温し、1000 で10分間保持する。このとき、水素を毎分15リットルで流す。次に、NH<sub>3</sub>を100 ccmで流しはじめ、それとほぼ同時にTMGとTMAを供給し始める。TMGは51.3 μmol /分、TMAは25.5 μmol /分の流量で流し、キャリアガスには水素を用い、全流量は30リットル毎分とする。これによって、60分間で厚さ約0.7 μmのAlGa

20

Nバッファ層22が成長する。

【0025】

次に、炉内へのTMGとTMAの供給を止め、NH<sub>3</sub>は100 ccmで流し、全流量が30リットル毎分となるように水素を流す。この状態で、炉内の圧力を13.3 kPaから93.3 kPaに変更する。圧力が93.3 kPaで安定したら、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160 μmol /分の流量で流し、SiH<sub>4</sub>を70 ccmで供給することによってn型GaN層24を4 μmの厚さに成長させる。

【0026】

次に、基板温度を800 まで降温し、InGaNウェル層とGaNバリア層を含む量子井戸発光層25を成長させる。その後、基板温度を980 まで昇温し、p型AlGa

30

N層16aとp型GaN層16を順次成長させる。

【0027】

このようにして形成した本参考例2の窒化物系化合物半導体素子の光出力を測定したところ、20 mAの注入電流において8.5 mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにて本参考例2と異なる発光素子においては、20 mAの注入電流において6.5 mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本参考例2の窒化物系化合物半導体発光素子も、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

【0028】

(実施例5)

図11の模式的断面図は、実施例5において作製された窒化物系化合物半導体発光素子を示している。この発光素子の作製において、まずMOCVD炉内を13.3 kPaの圧力に制御する。その13.3 kPaの圧力でサファイア基板31を室温から1000 に昇温し、1000 で10分間保持する。このとき、水素を毎分15リットルで流す。

40

【0029】

次に、NH<sub>3</sub>を100 ccmで流しはじめ、それとほぼ同時にTMGとTMAを供給し始める。TMGは51.3 μmol /分の流量で、TMAは25.5 μmol /分の流量で流し、キャリアガスには水素を用い、全流量は30リットル毎分とする。そうすれば、60分間で約0.7 μmの厚さのAlGaNバッファ層32が成長する。

【0030】

50

次に、炉内へのTMGとTMAの供給を止め、NH<sub>3</sub>は100ccmで流し、全流量が30リットル毎分となるように水素を流す。この状態で、30ppmのSiH<sub>4</sub>を5ccmで3分間流し、SiN層(1)33aを形成する。

【0031】

次に、炉内の圧力を13.3kPaから93.3kPaに変更する。圧力が93.3kPaで安定したら、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160μmol/分の流量で流し、1ppmのSiH<sub>4</sub>を70ccmで供給することによって、n型GaN層34aを4μmの厚さに成長させる。

【0032】

次に、炉内へのTMGの供給を止め、NH<sub>3</sub>は100ccmで流し、全流量が30リットル毎分となるように水素を流す。この状態で、30ppmのSiH<sub>4</sub>を2ccmで1分間流し、SiN層(2)33bを形成する。

10

【0033】

次に、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160μmol/分の流量で流し、1ppmのSiH<sub>4</sub>を70ccmで供給することによって、n型GaN層34bを2μmの厚さに成長させる。

【0034】

次に、基板温度を800℃まで降温し、発光層35を成長させる。その後、基板温度を980℃まで升温し、p型AlGaN層36aとp型GaN層36を順次成長させる。

【0035】

20

なお、本実施例5では、2層のSiN層33a、33bが設けられたが、より多くの層のSiN層が設けられてもよい。また、各種ガスの流量や圧力などの条件は、上述の具体例に限られず、適宜に変更が可能である。

【0036】

上述のようにして形成した本実施例5の窒化物系化合物半導体素子の光出力を測定したところ、20mAの注入電流において8.5mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにて本実施例5と異なる発光素子においては、20mAの注入電流において6.5mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本実施例5の窒化物系化合物半導体発光素子も、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

30

【0037】

(実施例6)

図12の模式的断面図は、実施例6において作製された窒化物系化合物半導体素子を示している。この発光素子の作製においては、まずMOCVD炉内を13.3kPaの圧力に制御する。その13.3kPaの圧力下でサファイア基板を室温から1000℃に升温し、1000℃で10分間保持する。このとき、水素を毎分15リットルで流す。

【0038】

次に、NH<sub>3</sub>を100ccmで流しはじめ、それとほぼ同時にTMGとTMAを供給しはじめる。TMGは51.3μmol/分の流量で、TMAは25.5μmol/分の流量で流し、キャリアガスには水素を用い、全流量は30リットル毎分とする。そうすれば、60分間で約0.7μmの厚さのAlGaNバッファ層42が成長する。

40

【0039】

次に、炉内へのTMGとTMAの供給を止め、NH<sub>3</sub>は100ccmで流し、全流量が30リットル毎分となるように水素を流す。この状態で、30ppmのSiH<sub>4</sub>を5ccmで3分間流し、SiN層(1)43aを形成する。

【0040】

次に、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160μmol/分の流量で流し、1ppmのSiH<sub>4</sub>を70ccmで供給することによって、n型GaN層(1)44aを1μmの厚さに成長させる。

【0041】

50

次に、炉内の圧力を13.3 kPaから93.3 kPaに変更する。圧力が93.3 kPaで安定したら、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160 μmol / 分の流量で流し、1 ppmのSiH<sub>4</sub>を70 ccmで供給することによって、n型GaN層(2)44bを3 μmの厚さ成長させる。

【0042】

次に、炉内の圧力を93.3 kPaから13.3 kPaに変更する。圧力が13.3 kPaで安定したら、NH<sub>3</sub>は100 ccmで流し、全流量が30リットル毎分となるように水素を流す。この状態で、30 ppmのSiH<sub>4</sub>を5 ccmで2分間流し、SiN層(2)43bを形成する。

【0043】

次に、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160 μmol / 分の流量で流し、1 ppmのSiH<sub>4</sub>を70 ccmで供給することによって、n型GaN層(3)44cを1 μmの厚さに成長させる。

【0044】

次に、炉内の圧力を13.3 kPaから93.3 kPaに変更する。圧力が93.3 kPaで安定したら、NH<sub>3</sub>を3.5リットル毎分の流量にし、TMGを160 μmol / 分の流量で流し、1 ppmのSiH<sub>4</sub>を70 ccmで供給することによって、n型GaN層(4)44dを3 μmの厚さに成長させる。

【0045】

次に基板温度を800 °Cまで降温し、発光層を成長させる。その後、基板温度を980 °Cまで昇温し、p型AlGaN層46aとp型GaN層46を順次成長させる。

【0046】

なお、本実施例6では、複数のn型GaN層の一部を圧力93.3 kPaで成長させ、他の一部を圧力13.3 kPaで成長させたが、圧力値はこれに限らず、複数のn型GaN層の全部を同一圧力で成長してもよい。

【0047】

上述のようにして形成した本実施例6の窒化物系化合物半導体素子の光出力を測定したところ、20 mAの注入電流において8.5 mWの光出力が得られた。他方、発光層より下の層に特許文献1の従来技術を適用したことのみにあって本実施例6と異なる発光素子においては、20 mAの注入電流において6.5 mWの光出力しか得られなかった。すなわち、本実施例6の窒化物系化合物半導体発光素子も、従来技術を含む発光素子素子に比べて光出力が顕著に改善されていることが分かる。

【0048】

なお、以上において種々の実施例が示されたが、バッファ層の成長温度は900 °C以上であればよい。そうすることによって、サファイア基板との界面で発生する転位を低減させることができる。すなわち、バッファ層の成長温度が900 °Cより下がれば下がるほど、転位密度が上昇してしまう。

【0049】

また、V族元素の分圧は、500 Pa以下にすることが好ましい。このようにすることで、V族元素とIII族元素の気相反応を抑制することができ、半導体層の結晶品質を向上させると共に、面内均一性を向上させることができる。すなわち、V族元素の分圧を500 Pa以上にすれば、気相反応が生じて面内均一性が低下する。

【0050】

また、反応ガスが基板上を流れる流速は、10 cm / 秒以上であることが好ましい。このようにすることで、成長する半導体層の面内均一性が向上する。流速をこれより下げれば下げるほど、面内均一性が低下する。

【0051】

また、バッファ層厚は、10 nm以上であることが好ましい。その厚さを10 nm以上にすることで、貫通転位密度を低減させることができる。すなわち、バッファ層がこれよりも薄ければ、貫通転位密度が増大する。さらに好ましくは、バッファ層の厚さを100

10

20

30

40

50



nm以上にすればよい。バッファ層の厚さを100nm以上にすることで、バッファ層から上に伸びる貫通転位密度をさらに低減させることができる。

【0052】

また、SiN層は3原子層以下であることが好ましい。SiN層が3原子層よりも厚い場合、転位密度が低くて結晶品質がよいものが成長するが、SiN層を厚く形成するには時間がかかってしまう。SiN層は非常に薄くてもでも効果が得られ、3原子層程度の厚さの場合に、成長時間も短くて生産性がよいので好ましい。

【0053】

また、第一導電型窒化物系半導体層(上述の実施例ではn型層)の全部または一部を95kPa以下の圧力で成長させるのが好ましい。このようにすることで、n型層の横方向成長が促進し、n型層の面内均一性が増す。また、発光層の全部または一部を95kPa以下の圧力で成長させることで、その面内均一性が増す。さらに、第二導電型窒化物系半導体層(上述の実施例ではp型層)の全部または一部を95kPa以下の圧力で成長させることにより、その面内均一性が増す。

【産業上の利用可能性】

【0054】

以上のように、本発明によれば、貫通転位の少ない窒化物系半導体素子を得ることができ、ひいては光出力の改善された窒化物系半導体発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】本発明に密接に関連する一参考例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的線図である。

【図2】図1の温度プロファイルを利用して作製され得る窒化物系化合物半導体素子の模式的断面図である。

【図3】図1の温度プロファイルを利用して作製した窒化物系化合物半導体素子と従来技術による窒化物系化合物半導体素子とにおける転位密度の比較を示す模式的グラフである。

【図4】本発明の一実施例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的線図である。

【図5】本発明の他の実施例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的断面図である。

【図6】本発明のさらに他の実施例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的線図である。

【図7】本発明のさらに他の実施例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的線図である。

【図8】本発明のさらに他の実施例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的線図である。

【図9】本発明に密接に関連する他の参考例における複数の化合物半導体層の成長中の温度プロファイルを示す模式的線図である。

【図10】図9の温度プロファイルを利用して作製され得る窒化物系化合物半導体素子の模式的断面図である。

【図11】本発明のさらに他の実施例で作製され得る窒化物系化合物半導体素子の模式的断面図である。

【図12】本発明のさらに他の実施例で作製され得る窒化物系化合物半導体素子の模式的断面図である。

【符号の説明】

【0056】

1 サファイア基板、2 GaNバッファ層、3 SiN層、4 n型GaN層、11 サファイア基板、12 GaNバッファ層、13 SiN層、14 n型GaN層、15 発光層、16 p型GaN層、21 サファイア基板、22 AlGaNバッファ層

10

20

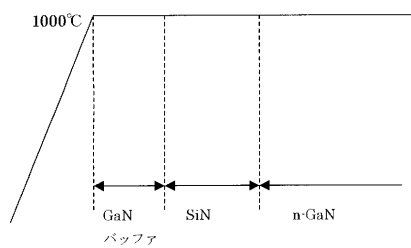
30

40

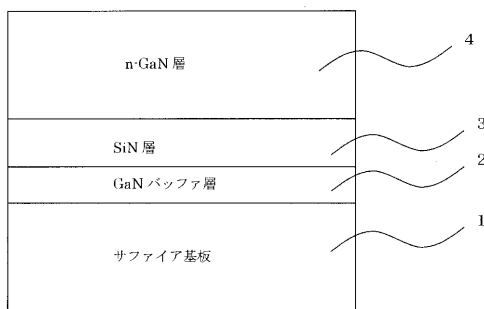
50

、 2 4 n 型 GaN 層、 2 5 発 光 層、 2 6 a p 型 AlGaIn 層、 1 6 p 型 GaN 層  
 、 3 1 サ フ ァ イ ア 基 板、 3 2 AlGaIn バ ッ フ ア 層、 3 3 a、 3 3 b SiN 層、 3  
 4 a、 3 4 b n 型 GaN 層、 3 5 発 光 層、 3 6 a p 型 AlGaIn 層、 3 6 p 型 GaN 層、 4 1  
 サ フ ァ イ ア 基 板、 4 2 AlGaIn バ ッ フ ア 層、 4 3 a、 4 3 b SiN 層、 3 4 a、 3 4 b、 3 4 c、 3 4 d  
 n 型 GaN 層、 4 5 発 光 層、 4 6 a p 型 AlGaIn 層、 4 6 p 型 GaN 層。

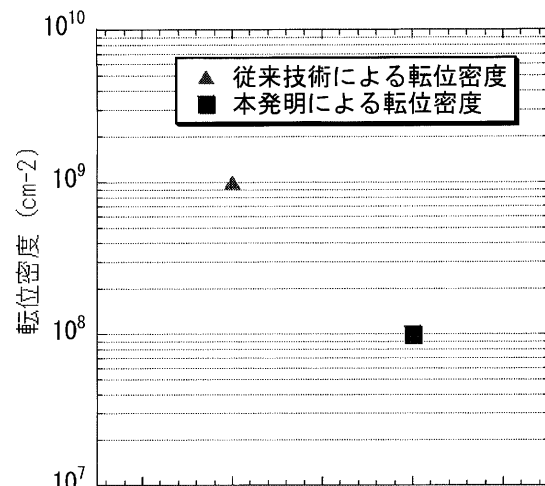
【 図 1 】



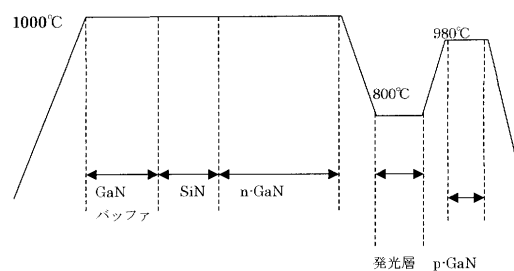
【 図 2 】



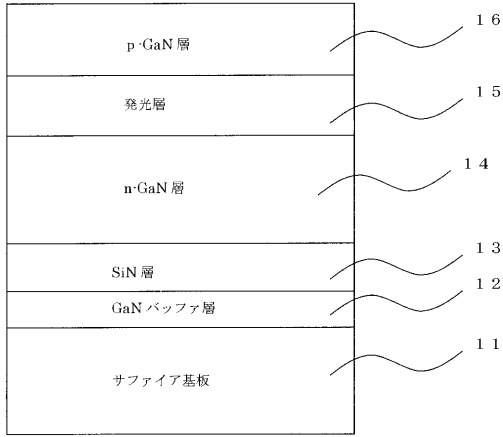
【 図 3 】



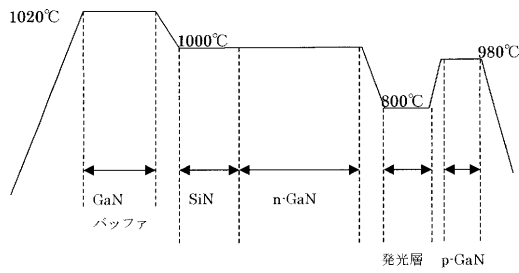
【 図 4 】



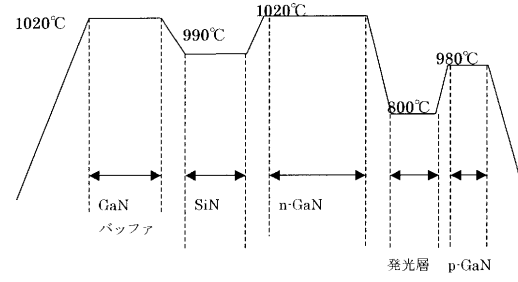
【図5】



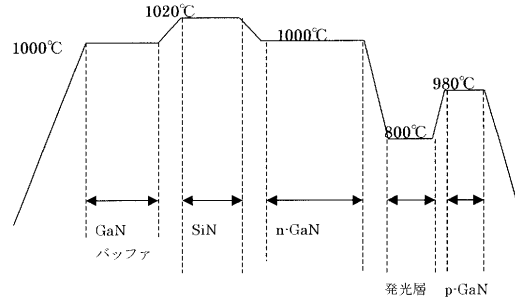
【図6】



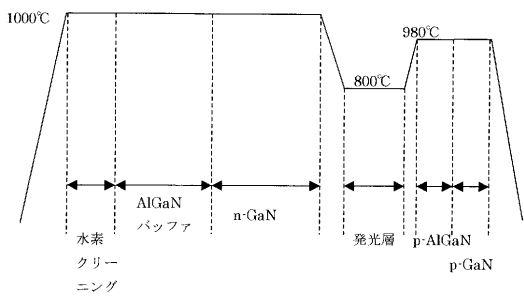
【図7】



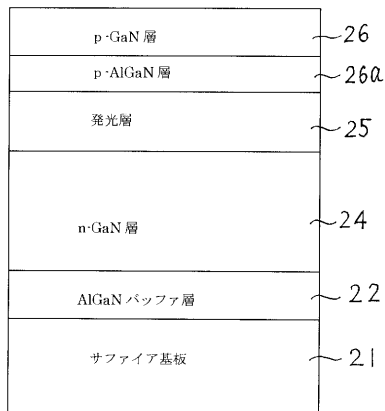
【図8】



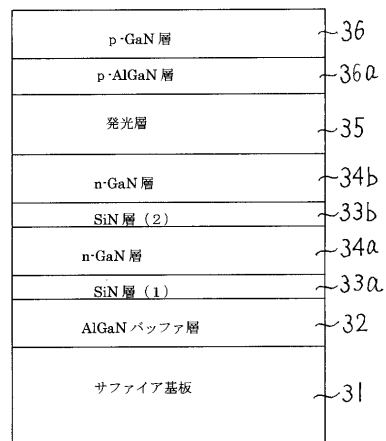
【図9】



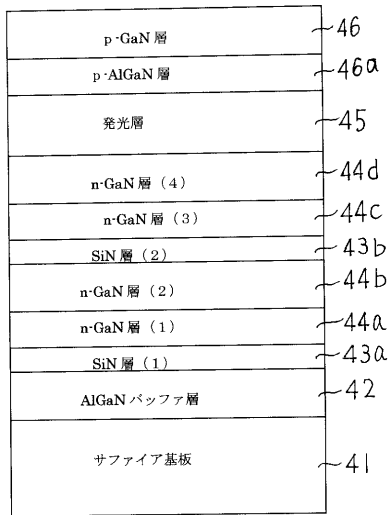
【図10】



【図11】



【図 12】



---

フロントページの続き

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 岡 崎 輝雄

審判官 江成 克己

(56)参考文献 特開2005-5658(JP,A)  
特開平11-21195(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 33/00